Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada
Science | Sciences

**Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS)**

**Research Document 2013/069**

**Central and Arctic Region**

# Assessment of the winter range of Baffin Bay narwhals

Pierre R. Richard, Margaret A. Treble, and Bernard LeBlanc

Fisheries and Oceans Canada
Freshwater Institute
501 University Crescent
Winnipeg, MB R3T 2N6

January 2014

Canada

**Foreword**

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

**Published by:**

Fisheries and Oceans Canada
Canadian Science Advisory Secretariat
200 Kent Street
Ottawa ON K1A 0E6

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2014
ISSN 1919-5044

**Correct citation for this publication:**

Richard, P.R., Treble, M.A., and LeBlanc, B. 2014. Assessment of the winter range of Baffin Bay narwhals. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/069. iv + 9 p.

*Aussi disponible en français:*

*Richard, P.R., Treble, M.A. et LeBlanc, B. 2014. Évaluation de l'aire d'hivernage des narvals de la baie de Baffin. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2013/069. iv + 10 p.*

## TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT ..... IV
RÉSUMÉ ..... IV
INTRODUCTION ..... 1
METHODS ..... 2
RESULTS AND DISCUSSION ..... 3
SOURCES OF UNCERTAINTY ..... 5
ACKNOWLEDGEMENTS ..... 7
REFERENCES ..... 8

## ABSTRACT

Published tracking studies of narwhals have delimited two winter home ranges in Baffin Bay and Davis Strait for the Baffin Bay population of narwhals. One centres in northern Davis Strait and southern Baffin Bay, the "southern narwhal over-wintering area", which is in large part within Canadian waters, and contains Canadian narwhal summering stocks from Admiralty Inlet and Eclipse Sound, and the Greenland narwhal stock from Melville Bay. New tracking data from narwhals tagged in Admiralty Inlet suggest that the narwhals that summer there use the southern wintering area annually. Animals in the southern wintering area forage at depths over 1,000 m and it appears that a large part of their diet is composed of Greenland Halibut, estimated at about 86,000 t of Greenland Halibut per annum. The second wintering area referred to as the "northern narwhal over-wintering area" is largely inside Greenlandic waters of central Baffin Bay and is used by narwhals from the Somerset Island summering stock. Animals in the northern wintering area appear to have a smaller proportion of Greenland Halibut in their diet, but the larger number of animals wintering there could still require in excess of 100,000 t of that species.

## RÉSUMÉ

Des études publiées sur le suivi des narvals délimitent deux aires d'hivernage dans la baie de Baffin et le détroit de Davis pour la population de narvals de la baie de Baffin. L'une de ces aires est concentrée dans le nord du détroit de Davis et le sud de la baie de Baffin (secteur sud de l'aire d'hivernage des narvals), ce qui se trouve en grande partie en eaux canadiennes. Elle accueille des stocks canadiens de narvals estivants provenant de l'inlet de l'Amirauté et du détroit d'Eclipse, de même que le stock groenlandais de narvals provenant de la baie de Melville. De nouvelles données de suivi de narvals marqués dans l'inlet de l'Amirauté laissent entendre que les narvals qui y passent l'été utilisent tous les ans le secteur sud de l'aire d'hivernage. Les animaux dans le secteur sud de l'aire d'hivernage s'alimentent à plus de 1 000 m de profondeur, et il semble qu'une grande partie de leur régime alimentaire soit composé de flétan noir; on estime que les stocks consomment environ 86 000 t de flétan noir chaque année. L'autre aire d'hivernage (secteur nord de l'aire d'hivernage des narvals) se situe majoritairement dans les eaux du Groenland dans le centre de la baie de Baffin, et elle est utilisée par le stock estivant de narvals provenant de l'île Somerset. Les animaux dans le secteur nord de l'aire d'hivernage semblent consommer moins de flétan noir, mais les très nombreux animaux qui y passent l'hiver nécessiteront tout de même plus de 100 000 t de flétan noir.

## INTRODUCTION

Interest in expanding the Greenland Halibut fisheries continues to increase in Arctic waters. There are environmental impacts of this fishery (e.g., marine mammal entanglement, ghost fishing, benthic impacts, and competition for important prey species) as well as those of the shrimp trawl fishery (e.g., benthic impacts) that occur in Baffin Bay and Davis Strait though the magnitude and extent of these impacts are unknown. Currently there is a fishing closure area for the Greenland Halibut fishing fleets in North Atlantic Fisheries Organization (NAFO) Division 0A meant to protect winter feeding habitat of narwhals. The area is on the slope of southern Baffin Bay, where water depths increase going north from the Davis Strait sill (~ 500 m) down to about 2,000 m (Figure 1). The slope supports an assemblage of marine fishes, with Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) being dominant (Jørgensen et al. 2005), as well as a several deep-sea coral species (Gass and Willison 2005, Kenchington et al. 2010). The closure area was created to reduce fishing pressure, habitat destruction and local depletion of Greenland Halibut, narwhal's main winter prey (DFO 2007). It would also minimize gear entanglement of narwhals from both active and lost gear, protect deep-water coral and reduce gear damage to bottom fauna (DFO 2007). The fishing closure boundaries were based on the best information available in 2006. The current closure targets an area where several stocks of narwhals overlap in winter and where deep-sea corals are also found.

DFO Resource Management has asked for a review of the over-wintering information for Baffin Bay narwhals to evaluate the existing NAFO Division 0A fishing closure boundaries.

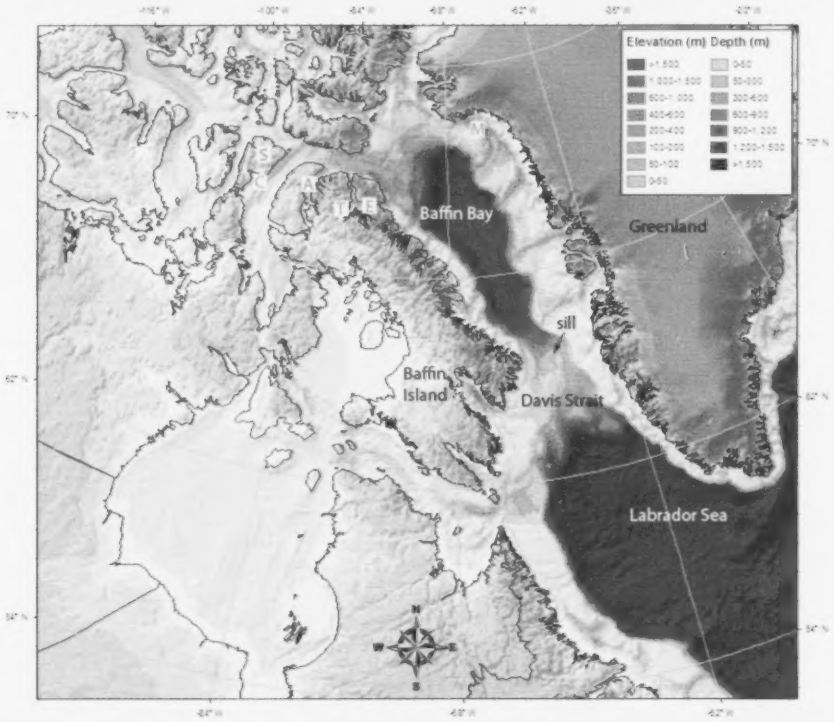


*Figure 1. Map of the eastern Canadian Arctic with S – Somerset Island, C – Creswell Bay, A – Admiralty Inlet, T – Tremblay Sound, E – Eclipse Sound, and M – Melville Bay.*

## METHODS

A literature review was conducted to assess past tracking and biological research on narwhals. Pertinent results are summarised below.

New tracking data of Admiralty Inlet narwhals tagged in August 2009 was examined to determine at what dates animals became more sedentary in late fall and when they started moving again in spring. Latitude and longitudes were plotted over time to determine dates when movements became reduced in late fall and when they increased again in spring. The 12 Nov 2009 (Julian day 315) was selected as the date of the start of over-wintering and the 28 March 2010 (Julian day 86, shown as 451, or 86 + 365) as the end date (Figure 2).

Estimated locations were obtained from the tracking data using a Bayesian switching state-space model (Jonsen et al. 2005, 2007, Luque 2008) which estimates locations at regular intervals from the irregular data of all ARGOS location classes, except Z. The tags were duty-cycled to transmit all day every fourth day so an interval of 4 days was used to estimate each location. Fixed kernel probability polygons (50 percentile (pc), 75 pc and 95 pc) (Worton 1989, 1995, Hooge and Eichenlaub 1997, Hooge et al. 1999) were obtained from the estimated locations. Table 1 lists the tags used in the analyses.

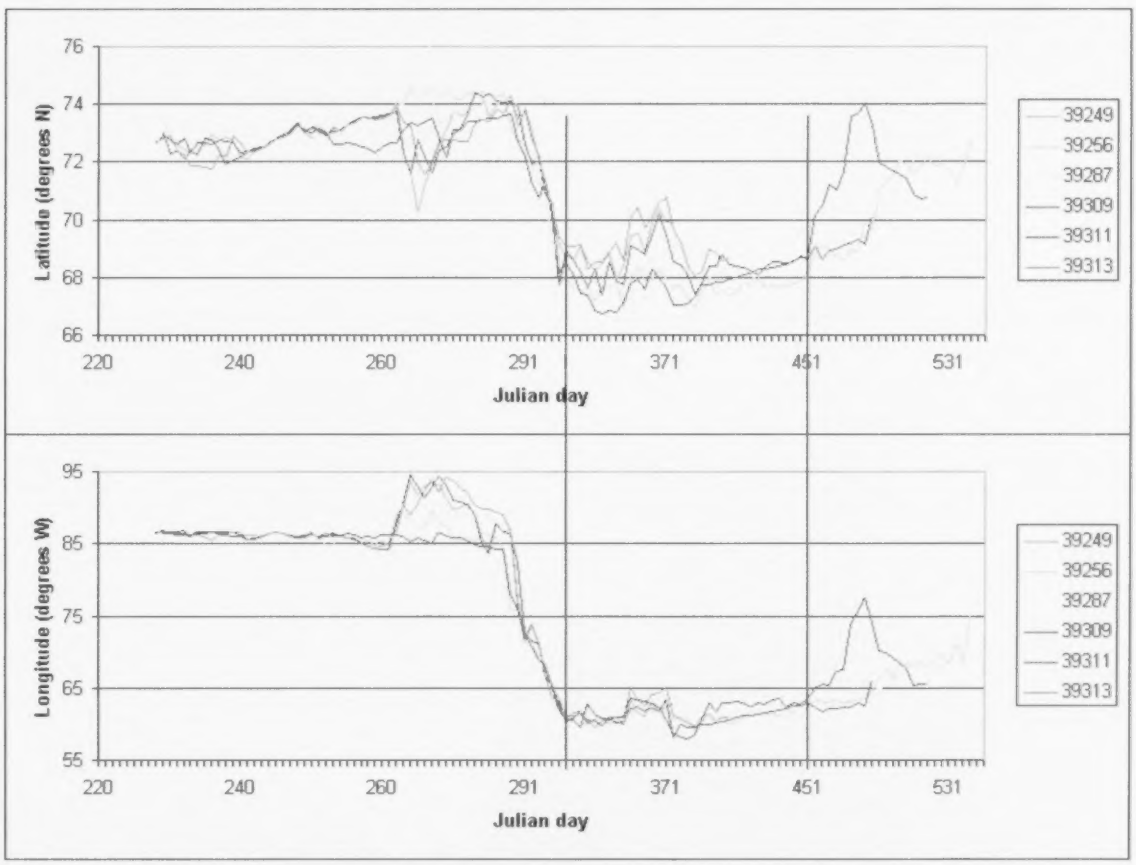


*Figure 2. Latitude and longitude of tracked 2009 Admiralty Inlet narwhals over Julian day. The vertical lines represent the cut-off dates used for the winter home range estimation.*

*Table 1. Tracked 2009-2010 Admiralty Inlet narwhals. The IDs with an asterisk are tags that lasted long enough (see Figure 2) to be used for the winter home range estimation.*

| Tag ID | Sex | Length (cm) | Start date (mm-dd-yy) | End date (mm-dd-yy) | Tag duration (days) |
|---|---|---|---|---|---|
| 39249 | F | 386 | 08-19-09 | 01-10-10 | 145 |
| 39256* | M | 450 | 08-19-09 | 07-05-10 | 321 |
| 39287* | M | 439 | 08-17-09 | 06-11-10 | 299 |
| 39290 | F | 374 | 08-15-09 | 02-23-10 | 193 |
| 39309* | M | 377 | 08-16-09 | 04-28-10 | 260 |
| 39311* | M | 307 | 08-17-09 | 06-03-10 | 291 |
| 39313 | F | 391 | 08-16-09 | 02-11-10 | 180 |

## RESULTS AND DISCUSSION

Published tracking research on Baffin Bay narwhals has been conducted since 1997 with projects conducted in Tremblay Sound, Baffin Island, in 1998 and 1999; Creswell Bay, Somerset Island, in 2000 and 2001; and in Admiralty Inlet, Baffin Island, in 2003 and 2004 (Dietz et al. 2008). It was observed that narwhals from Admiralty Inlet as well as from Melville Bay and Tremblay Sound over-winter in northern Davis Strait and southern Baffin Bay, identified as the "southern narwhal over-wintering area" (Dietz et al. 2001, Heide-Jørgensen et al. 2002) but narwhals from Somerset Island (Creswell Bay) over-wintered further north in central Baffin Bay, identified as the "northern narwhal over-wintering area" (Heide-Jørgensen et al. 2003). The northern over-wintering area lies largely within Greenland waters, while the southern area lies primarily within Canadian waters (Figure 3).

An examination of dive behaviour data showed that the number of surface dives (0 to 50 m) and time at the surface declined between summer and winter and clear differences were noted between the two over-wintering areas (Laidre et al. 2003). In the northern over-wintering area, narwhals spent most of their time diving to depths between 200 and 400 m while narwhals in the southern over-wintering area spent less time at shallow depths and most of their time diving to 800 m or deeper, spending over three hours at these depths per day and traveling 13 minutes per round trip to reach these depths (Laidre et al. 2003).

Stomach contents of narwhals harvested in eastern Canadian high Arctic and West Greenland were examined to assess feeding activity and prey selection (Laidre et al. 2004a, Laidre and Heide-Jørgensen 2005). Stomachs collected from summer harvests contained Arctic Cod, Polar Cod and squid but most were found to be empty. In winter, Greenland Halibut, squid and shrimp were most common with Greenland Halibut constituting a significant resource, observed in 51% of 49 stomachs and often the only prey species identified in completely full stomachs (Laidre and Heide-Jørgensen 2005).

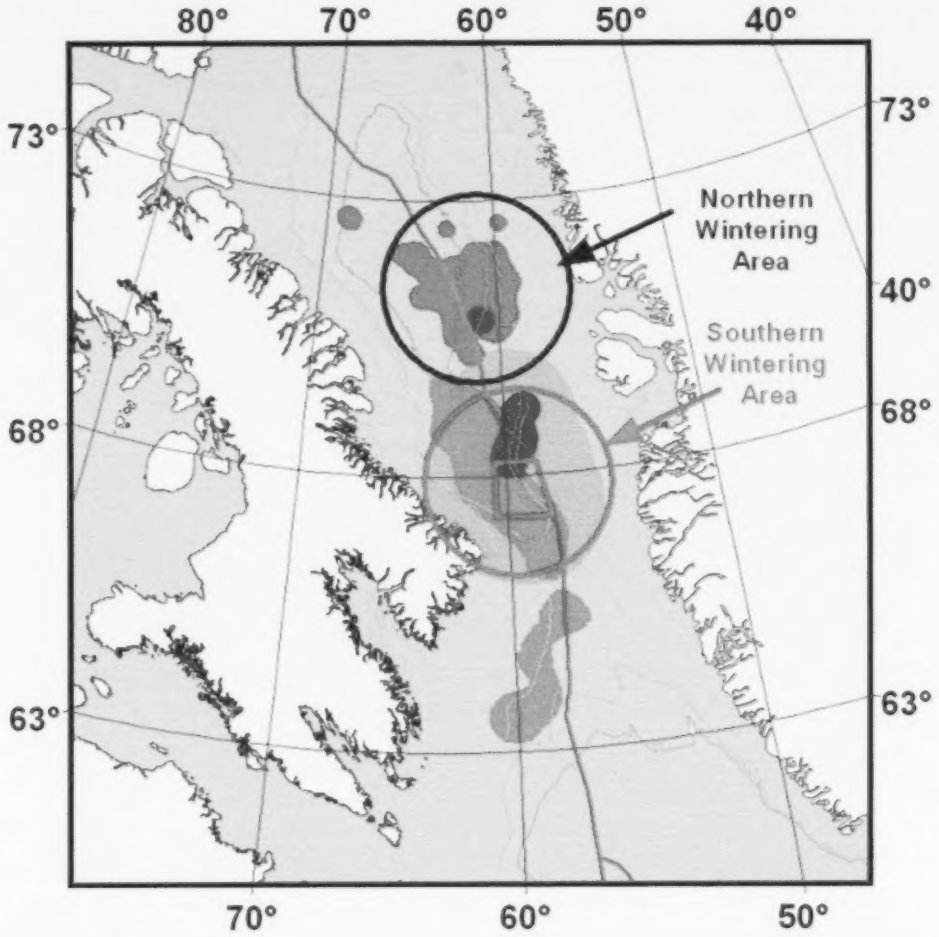


*Figure 3. Published winter home ranges of tracked Baffin Bay narwhals (reproduced from Dietz et al. 2008). Filled coloured polygons represent the estimated 95 percentile kernel home range of different summering stocks: Somerset Island (red), Admiralty Inlet (light blue), Eclipse Sound (green), Melville Bay (dark blue). The Somerset Island narwhals are in what has been referred to as the "northern narwhal over-wintering area" and the other stocks are in the "southern narwhal over-wintering Area". The thick red polygon represents the area closed to Greenland Halibut fishing in NAFO Division 0A. Bathymetric contours are indicated (500, 1000, 2000 m).*

A bio-energetic model was used to estimate the biomass of Greenland Halibut needed to sustain the stock(s) for the five months that they spend on their winter areas (Laidre et al. 2004a). Mean densities and length distributions of Greenland Halibut inside and outside of the narwhal wintering areas were correlated with predicted whale predation levels based on diving behaviour (Laidre et al. 2004a). For the southern wintering area, which is estimated to have about 26,000 narwhals from the Admiralty and Eclipse Sound stocks (Richard et al. 2010) if the diet was comprised of 50% Greenland Halibut the stocks would require 468 t of Greenland Halibut per day with a mean consumption over five months of over 70,000 t. Adding the third stock from Melville Bay, Greenland (Heide-Jørgensen et al. 2010) to this over-winter area the revised mean estimate is 32,000 narwhals and the mean estimated daily consumption would be

approximately 576 t with a mean consumption over five months of over 86,000 t. The northern over-wintering area supports a larger number of whales (approximately 45,000 in 1996) and was estimated to require 700 t per day with a mean consumption over five months of 110,700 t. This estimate for the northern over-wintering area was greater than the abundance of Greenland Halibut estimated in a 2001 survey (36,416 t, Jørgensen 2003), suggesting that Greenland Halibut do not play the same role in the diet of narwhals in the northern area as they do in the southern area (Laidre et al. 2004a). The difference in dive behaviour between the two wintering areas also supports this conclusion.

Predators are thought to congregate at predictable sites in response to elevated availability of prey resources driven by physical oceanographic processes (Laidre et al. 2004b). Marine trophic interactions are complex and many important variables are not easily measured therefore, physical habitat features such as depth or bottom temperature are often used as proxys for the distribution of prey resources. This was examined by Laidre et al. 2004b, who noted that bottom temperature on the west side of Baffin Bay rarely exceeded 1°C while bottom temperatures were much warmer on the east side, as high as 4.0 to 4.5°C. Laidre et al. (2004b) found that bottom temperature was the strongest predictor of fall and winter movements and dive behaviour of narwhals. Laidre et al. (2004b) reported that narwhal on their wintering grounds selected the bottom temperature range and gradient that often coincided with areas of concurrent high density of Greenland Halibut.

Dietz et al. (2008) summarized the wintering home range of tracked narwhals from several Canadian and Greenlandic stocks: Somerset Island, Admiralty Inlet, Eclipse Sound and Melville Bay (Figure 3). Admiralty Inlet narwhal winter range data were obtained from more recent tracking data (2009) (Figures 4, 5). The results indicate that the winter range of Admiralty Inlet narwhals was centered roughly in the same area in the winter of 2009-2010 as in the winters of 2003-2004 and 2004-2005, and overlapped with the winter ranges of other stocks in the southern winter area. These results lend further support to the hypothesis that narwhal winter ranges in Baffin Bay are relatively consistent, even if some individuals occasionally may spread out from the main aggregation within the home range (Dietz et al. 2008).

The current area closed to Greenland Halibut fishing in NAFO Division 0A (Figures 3-5) protects a small portion of the southern narwhal wintering area and overlaps a portion of the range of several narwhal stocks.

## SOURCES OF UNCERTAINTY

There are a number of sources of uncertainty about estimates of narwhal consumption of Greenland Halibut. They are based on the reasonable but untested assumption that the percentage of Greenland Halibut in the narwhal diet in the wintering areas is similar to the percentage in stomachs of narwhals caught in Disko Bay outside of the wintering areas. In addition, the estimates of narwhal numbers are mean estimates with no estimation error. The calculations are only included to emphasize the importance of Greenland Halibut in narwhal winter ecology. Note that the estimates are different from those presented in DFO (2007) or in Laidre et al. (2004a, b) because there have been new estimates of the narwhal stocks since those documents were released.

Another source of uncertainty is the small sample size of animals tracked compared to the total population size. While there is consistency between years in the wintering range of tracked animals, there were two animals from Admiralty Inlet that ranged further south than the rest. A larger sample size of tracked narwhals, including narwhals from other summering stocks, may show further departures. Tracking over a longer time period might also yield more year-to-year variation than is apparent from the new tracking data and the past tracking studies.

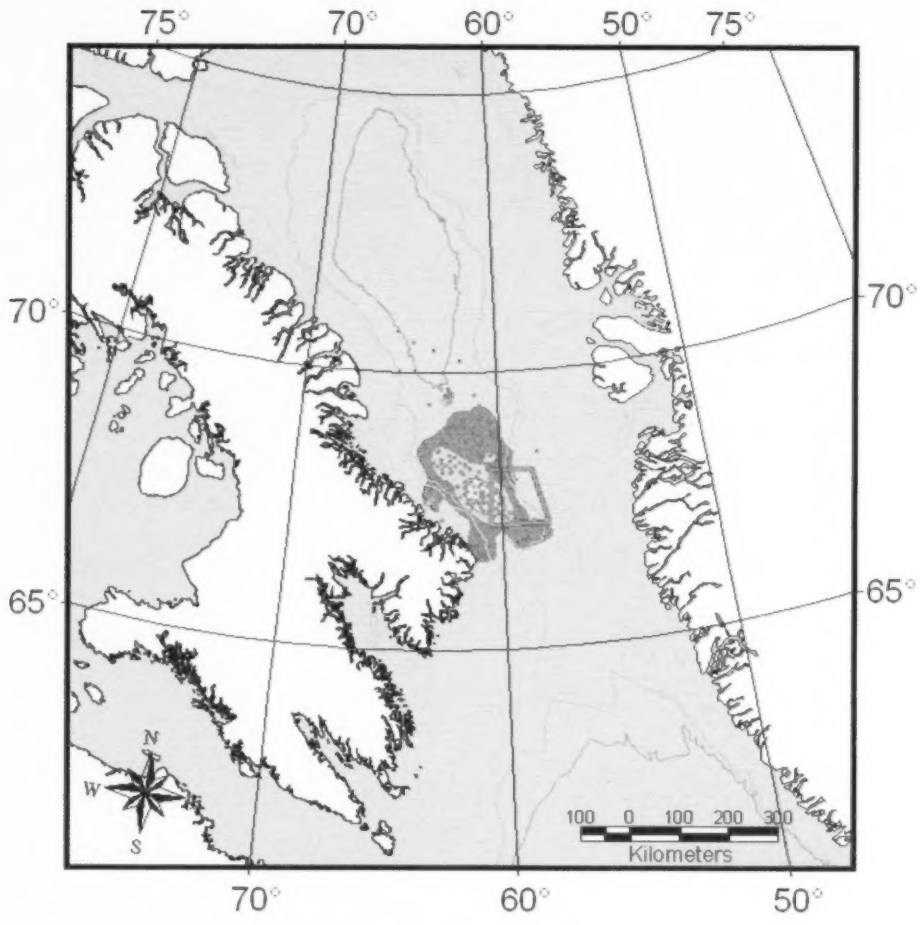


*Figure 4. Admiralty Inlet 2009-2010 winter home range. Filled coloured polygons represent the 95 percentile (dark green), 75 percentile (light green) and the 50 percentile (pink). The red dots represent the locations used to estimate the kernel home range. The thick red polygon represents the area closed to Greenland Halibut fishing in NAFO Division 0A. Bathymetric contours are indicated (500, 1000, 2000 m).*

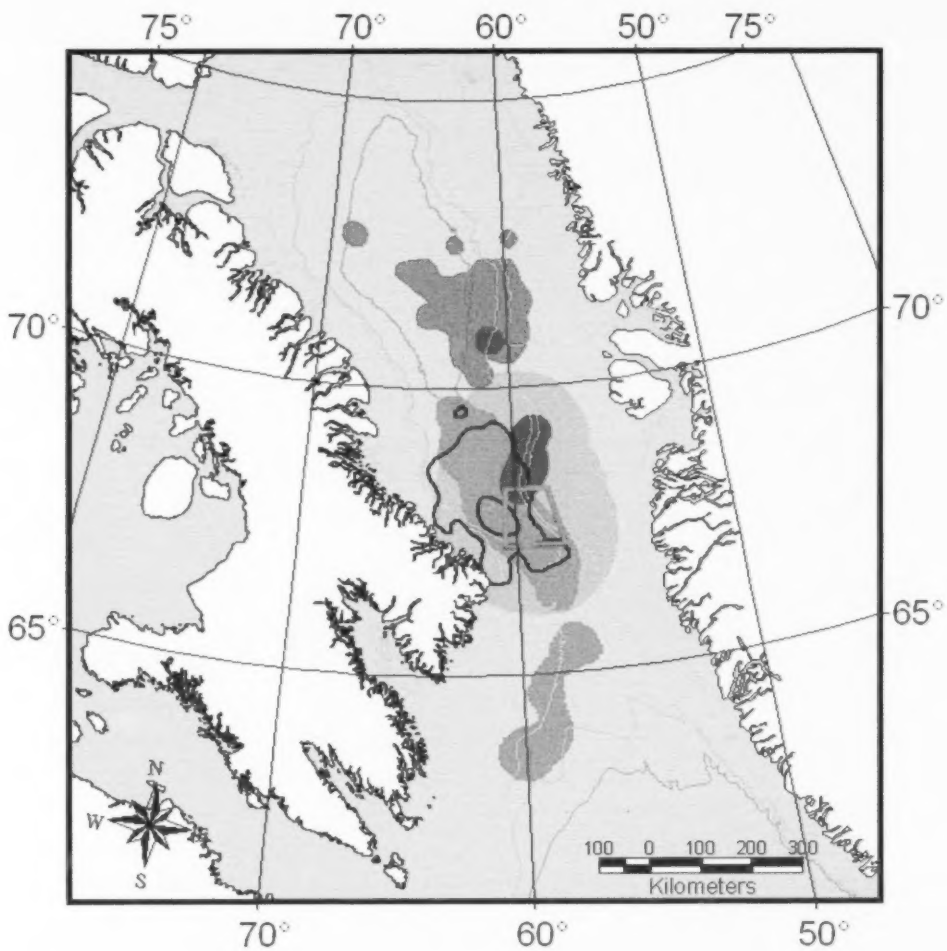


*Figure 5. Admiralty Inlet 2009-2010 home range (black open shapes) superimposed on winter home ranges from Dietz et al. (2008) (Figure 3). Filled coloured polygons represent the estimated 95 percentile kernel home range of different summering stocks: Somerset Island (red), Admiralty Inlet (light blue), Eclipse Sound (green), Melville Bay (dark blue). The central black outline shows the 50 percentile and the outer outline the 95 percentile. The thick red polygon represents the area closed to Greenland Halibut fishing in NAFO Division 0A. Bathymetric contours are indicated (500, 1000, 2000 m).*

## ACKNOWLEDGEMENTS

Many thanks to Rune Dietz for sharing the shapefiles used in his paper. We also are indebted to Mads Peter Heide-Jørgensen and Kristin Laidre whose efforts are reflected in the shapefiles and whose studies of narwhal winter feeding have allowed the present analysis.

## REFERENCES


DFO. 2007. Development of a closed area in NAFO 0A to protect narwhal over-wintering grounds, including deep-sea corals. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2007/002.

Dietz, R,. Heide-Jørgensen, M.P., Richard, P., and Acquarone, M. 2001. Summer and fall movements of narwhals (*Monodon monoceros*) from northeastern Baffin Island towards Northern Davis Strait. Arctic 54: 244-261.

Dietz, R., Heide-Jørgensen, M.P., Richard, P., Orr, J. Laidre, K., Schmidt, H.C., 2008. Movements of narwhals (*Monodon monoceros*) from Admiralty Inlet monitored by satellite telemetry. Polar Biol. 31: 1295–1306.

Gass, S.E., and Willison, J.H.M. 2005. An assessment of the distribution of deep-sea corals in Atlantic Canada by using both scientific and local forms of knowledge. *In* Cold-water Corals and Ecosystems. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 223-245.

Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Laidre, K.L., and Richard, P. 2002. Autumn movements, home ranges, and winter density of narwhals (*Monodon monoceros*) tagged in Tremblay Sound, Baffin Island. Polar Biol. 25: 331-341.

Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Laidre, K.L., Richard, P., Orr, J., and Schmidt, H.C. 2003. The migratory behaviour of narwhals (*Monodon monoceros*). Can. J. Zool. 81: 1298-1305.

Heide-Jørgensen, M.P., Laidre, K.L., Burt, M.L., Borchers, D.L., Marques, T.A., Hansen, R.G., Rasmussen, M., Fossette, S. 2010. Abundance of narwhals (*Monodon monoceros*) on the hunting grounds in Greenland. J. Mammal. 91: 1135-1151.

Hooge, P.N., and Eichenlaub, B. 1997. Animal movement extension to arcview. ver. 1.1. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA.

Hooge, P.N., Eichenlaub, W.M., and Solomon, E.K. 1999. Using GIS to Analyze Animal Movements in the Marine Environment [Accessed 22 May 2013]

Jonsen, I.D., Mills Flemming, J., and Myers, R.A. 2005. Robust state-space modelling of animal movement data. Ecology 86(11): 2874-2880.

Jonsen, I.D., Myers, R.A., and James, M.C. 2007. Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. Mar. Ecol. Prog. Ser. 337: 255-264.

Jørgensen, O.A. 2003. Assessment of the Greenland Halibut stock component in NAFO Subarea 0 + Division 1A Offshore + Divisions 1B-1F. Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Research Document 05/51.

Jørgensen, O.A., Hvingel, C., Møller, P.R., and Treble, M.A. 2005. Identification and mapping of bottom fish assemblages in Davis Striat and southern Baffin Bay. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1833-1852.

Kenchington, E., Lirette, C., Cogswell, A., Archambault, D., Archambault, P., Benoit, H., Bernier, D., Brodie, B., Fuller, S., Gilkinson, K., Lévesque, M., Power, D., Siferd, T., Treble, M., and Wareham, V. 2010. Delineating Coral and Sponge Concentrations in the Biogeographic Regions of the East Coast of Canada Using Spatial Analyses. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/041. vi + 202 p.

Laidre, K.L., and Heide-Jørgensen M.P. 2005. Winter feeding intensity of narwhals (*Monodon monoceros*). Mar. Mamm. Sci. 21: 45-57.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Hobbs, R.C., and Jørgensen, O.A. 2003. Deep-diving by narwhals *Monodon monoceros*: differences in foraging behavior between wintering areas? Mar. Ecol. Prog. Ser. 261: 269-281.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Jørgensen, O.A., and Treble, M.A. 2004a. Deep-ocean predation by a high Arctic cetacean. ICES J. Mar. Sci. 61: 430-440.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Logdson, M.L., Hobbs, R.C., Heagerty, P., Dietz, R., Jørgensen, O.A., and Treble, M.A. 2004b. Seasonal narwhal habitat associations in the high Arctic. Marine Biol. 145: 821-831.

Luque, S.P. 2008. Adaptation and application of a computer program to model eastern Beaufort Sea beluga movement through state-space models. Report prepared for Fisheries and Oceans Canada, Winnipeg, MB 18 p.

Richard, P.R., Laake, J.L. Hobbs, R.C., Heide-Jørgensen, M.P., Asselin, N.C., and Cleator, H. 2010. Baffin Bay narwhal population distribution and numbers: Aerial surveys in the Canadian High Arctic, 2002-04. Arctic 63: 85-99.

Worton, B.J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. Ecology 70:164-168.

Worton, B.J. 1995. Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. J. Wildl. Manag. 59: 794-800.

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

**Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)**

**Document de recherche 2013/069**

**Région du Centre et de l'Arctique**

# Évaluation de l'aire d'hivernage des narvals de la baie de Baffin

Pierre R. Richard, Margaret A. Treble et Bernard LeBlanc

Pêches et Océans Canada
Institut des eaux douces
501 University Crescent
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Janvier 2014

Canada

**Avant-propos**

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

**Publié par :**

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014
ISSN 1919-5044

**La présente publication doit être citée comme suit :**

Richard, P.R., Treble, M.A. et LeBlanc, B. 2014. Évaluation de l'aire d'hivernage des narvals de la baie de Baffin. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2013/069. iv + 10 p.

*Also available in English:*

*Richard, P.R., Treble, M.A., and LeBlanc, B. 2014. Assessment of the winter range of Baffin Bay narwhals. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/069. iv + 9 p.*

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ ..... IV
ABSTRACT ..... IV
INTRODUCTION ..... 1
MÉTHODES ..... 2
RÉSULTATS ET DISCUSSION ..... 4
SOURCES D'INCERTITUDE ..... 6
REMERCIEMENTS ..... 8
RÉFÉRENCES ..... 9

## RÉSUMÉ

Des études publiées sur le suivi des narvals délimitent deux aires d'hivernage dans la baie de Baffin et le détroit de Davis pour la population de narvals de la baie de Baffin. L'une de ces aires est concentrée dans le nord du détroit de Davis et le sud de la baie de Baffin (secteur sud de l'aire d'hivernage des narvals), ce qui se trouve en grande partie en eaux canadiennes. Elle accueille des stocks canadiens de narvals estivants provenant de l'inlet de l'Amirauté et du détroit d'Eclipse, de même que le stock groenlandais de narvals provenant de la baie de Melville. De nouvelles données de suivi de narvals marqués dans l'inlet de l'Amirauté laissent entendre que les narvals qui y passent l'été utilisent tous les ans le secteur sud de l'aire d'hivernage. Les animaux dans le secteur sud de l'aire d'hivernage s'alimentent à plus de 1 000 m de profondeur, et il semble qu'une grande partie de leur régime alimentaire soit composé de flétan noir; on estime que les stocks consomment environ 86 000 t de flétan noir chaque année. L'autre aire d'hivernage (secteur nord de l'aire d'hivernage des narvals) se situe majoritairement dans les eaux du Groenland dans le centre de la baie de Baffin, et elle est utilisée par le stock estivant de narvals provenant de l'île Somerset. Les animaux dans le secteur nord de l'aire d'hivernage semblent consommer moins de flétan noir, mais les très nombreux animaux qui y passent l'hiver nécessiteront tout de même plus de 100 000 t de flétan noir.



## ABSTRACT

Published tracking studies of narwhals have delimited two winter home ranges in Baffin Bay and Davis Strait for the Baffin Bay population of narwhals. One centres in northern Davis Strait and southern Baffin Bay, the "southern narwhal over-wintering area", which is in large part within Canadian waters, and contains Canadian narwhal summering stocks from Admiralty Inlet and Eclipse Sound, and the Greenland narwhal stock from Melville Bay. New tracking data from narwhals tagged in Admiralty Inlet suggest that the narwhals that summer there use the southern wintering area annually. Animals in the southern wintering area forage at depths over 1,000 m and it appears that a large part of their diet is composed of Greenland Halibut, estimated at about 86,000 t of Greenland Halibut per annum. The second wintering area referred to as the "northern narwhal over-wintering area" is largely inside Greenlandic waters of central Baffin Bay and is used by narwhals from the Somerset Island summering stock. Animals in the northern wintering area appear to have a smaller proportion of Greenland Halibut in their diet, but the larger number of animals wintering there could still require in excess of 100,000 t of that species.

## INTRODUCTION

L'expansion de la pêche au flétan noir dans les eaux de l'Arctique suscite de plus en plus d'intérêt. Cette pêche engendre des impacts environnementaux (p. ex., enchevêtrement de mammifères marins, pêche fantôme, impacts benthiques et concurrence des espèces de proies importantes), en plus des impacts de la pêche au chalut à la crevette (p. ex., impacts benthiques), dans la baie de Baffin et le détroit de Davis, mais on ne sait pas à quelle échelle et dans quelle mesure ils ont lieu. Actuellement, une zone est fermée à la pêche au flétan noir dans la division 0A de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) afin de protéger l'habitat d'alimentation hivernal des narvals. La zone se situe sur la pente du sud de la baie de Baffin, où l'eau devient plus profonde à partir du seuil du détroit de Davis (environ 500 m de profondeur) au nord jusqu'à environ 2 000 m de profondeur (figure 1). La pente soutient un assemblage de poissons marins que domine le flétan noir (Jørgensen *et al.* 2005), ainsi qu'un grand nombre d'espèces de coraux des grands fonds (Gass et Willison 2005, Kenchington *et al.* 2010). La fermeture a été mise en place pour réduire la pression par la pêche, la destruction de l'habitat et l'épuisement local du flétan noir, la principale proie du narval en hiver (Pêches et Océans Canada [MPO] 2007). Elle vise aussi à réduire au minimum l'enchevêtrement des narvals dans les engins de pêche en cours d'utilisation ou perdus, de même qu'à protéger les coraux des grands fonds et à réduire les dommages causés à la faune benthique par les engins (MPO 2007). Les limites de la zone de fermeture de la pêche sont basées sur la meilleure information qui était disponible en 2006. La fermeture actuelle vise une zone où plusieurs stocks de narvals se chevauchent en hiver et où se trouvent également des coraux des grands fonds.

La Gestion des ressources du MPO a demandé un examen des renseignements sur l'hivernage des narvals de la baie de Baffin afin d'évaluer les limites actuelles de la zone de fermeture de la pêche dans la division 0A de l'OPANO.

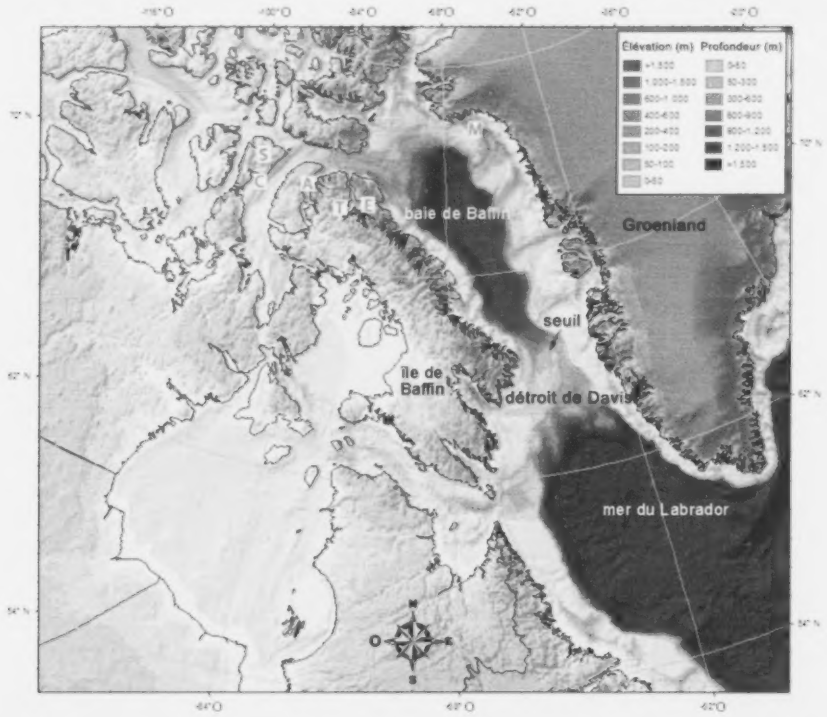


*Figure 1. Carte de l'est de l'Arctique canadien : S = île Somerset; C = baie Creswell; A = inlet de l'Amirauté; T = détroit de Tremblay; E = détroit d'Eclipse; M = baie de Melville.*

## MÉTHODES

Une analyse documentaire a été menée pour évaluer le suivi et les recherches biologiques qui ont été réalisés par le passé pour le narval. Les résultats pertinents sont résumés ci-après.

De nouvelles données de suivi des narvals de l'inlet de l'Amirauté marqués en août 2009 ont été examinées afin de déterminer à quelles dates les animaux deviennent plus sédentaires vers la fin de l'automne, et à quel moment ils recommencent à se déplacer au printemps. La latitude et la longitude ont été fixées au fil du temps pour déterminer les dates auxquelles les déplacements commençaient à diminuer (à la fin de l'automne) et auxquelles ils recommençaient à s'accroître (au printemps). Le 12 novembre 2009 (315$^{e}$ jour julien) a été choisi comme date du début de l'hivernage, et le 28 mars 2010 (86e jour julien, illustré comme étant le 451$^{e}$ jour, ou 86 + 365) comme marquant la fin de l'hivernage (figure 2).

Les emplacements estimés ont été obtenus à l'aide des données de suivi utilisant un modèle bayésien de changement d'espace-d'état (Jonsen *et al.* 2005; 2007; Luque 2008), qui estime les emplacements à intervalles réguliers à partir des données irrégulières de toutes les catégories d'emplacements du système ARGOS, sauf Z. Le facteur de marche des étiquettes était réglé pour qu'elles transmettent tous les quatre jours, de sorte qu'un intervalle de quatre jours a été utilisé pour estimer chaque emplacement. Des polygones de probabilité pour des noyaux fixes (50$^{e}$, 75$^{e}$ et 95$^{e}$ centiles) (Worton 1989; 1995; Hooge et Eichenlaube 1997; Hooge *et al.* 1999) ont été obtenus à l'aide des emplacements estimés. Le tableau 1 dresse la liste des étiquettes utilisées aux fins de l'analyse.

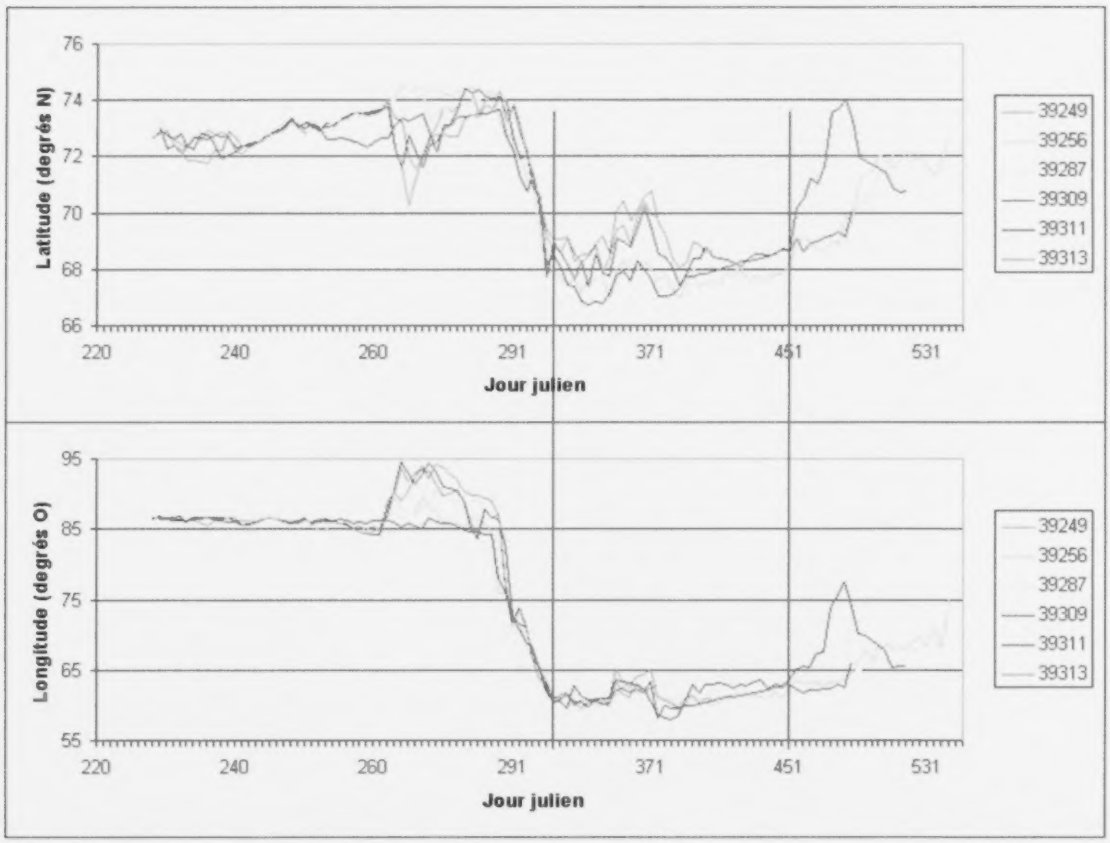


*Figure 2. Latitude et longitude des narvals de l'inlet de l'Amirauté suivis en 2009, en jours juliens. Les lignes verticales correspondent aux dates limites utilisées pour estimer l'aire d'hivernage.*

*Tableau 1. Narvals de l'inlet de l'Amirauté suivis en 2009-2010. Les numéros d'étiquette suivis d'un astérisque sont des étiquettes qui ont duré assez longtemps (voir la figure 2) pour servir à effectuer l'estimation de l'aire d'hivernage.*

| N° d'étiquette | Sexe | Longueur (en cm) | Date de début (jj/mm/aaaa) | Date de fin (jj/mm/aaaa) | Durée de l'étiquette (jours) |
|---|---|---|---|---|---|
| 39249 | F | 386 | 19-08-2009 | 10-01-2010 | 145 |
| 39256* | M | 450 | 19-08-2009 | 05-07-2010 | 321 |
| 39287* | M | 439 | 17-08-2009 | 11-06-2010 | 299 |
| 39290 | F | 374 | 15-08-2009 | 23-02-2010 | 193 |
| 39309* | M | 377 | 16-08-2009 | 28-04-2010 | 260 |
| 39311* | M | 307 | 17-08-2009 | 03-06-2010 | 291 |
| 39313 | F | 391 | 16-08-2009 | 11-02-2010 | 180 |

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Une recherche de suivi sur les narvals de la baie de Baffin est menée depuis 1997, avec des projets réalisés dans le détroit de Tremblay (île de Baffin) en 1998 et 1999, dans la baie Creswell (île Somerset) en 2000 et 2001, et dans l'inlet de l'Amirauté (île de Baffin) en 2003 et 2004 (Dietz *et al.* 2008). On a observé que les narvals de l'inlet de l'Amirauté et ceux de la baie de Melville et du détroit de Tremblay passaient l'hiver dans le nord du détroit de Davis et le sud de la baie de Baffin (secteur sud de l'aire d'hivernage des narvals) (Dietz et al. 2001; Heide-Jørgensen *et al.* 2002), mais que les narvals de l'île Somerset (baie Creswell) hivernaient plus au nord, au centre de la baie de Baffin (secteur nord de l'aire d'hivernage des narvals) (Heide-Jørgensen *et al.* 2003). Le secteur nord de l'aire d'hivernage se situe en grande partie dans les eaux du Groenland, tandis que le secteur sud se trouve principalement en eaux canadiennes (figure 3).

Un examen des données sur le comportement de plongée indique que le nombre de plongées en surface (de 0 à 50 m) et les périodes passées à la surface déclinent entre l'été et l'hiver; on remarque aussi une nette différence entre les données des deux aires d'hivernage (Laidre *et al.* 2003). Dans le secteur nord de l'aire d'hivernage, les narvals passent la plupart de leur temps à plonger entre 200 et 400 m, tandis que les narvals dans le secteur sud passent moins de temps à des profondeurs moindres et qu'ils plongent presque toujours à 800 m ou plus de profondeur. Ils passent plus de trois heures par jour à ces profondeurs et ils nagent pendant 13 minutes chaque fois pour atteindre ces profondeurs (Laidre *et al.* 2003).

On a étudié le contenu de l'estomac de narvals prélevés dans l'est du haut Arctique canadien et dans l'ouest du Groenland afin d'évaluer les activités d'alimentation et la sélection des proies (Laidre *et al.* 2004a, Laidre et Heide-Jørgensen 2005). Les estomacs collectés après la chasse d'été contenaient des saïdas francs, des morues polaires et des calmars, mais la majorité d'entre eux étaient vides. En hiver, on y a majoritairement retrouvé du flétan noir, du calmar et des crevettes, le flétan noir constituant une importante ressource alimentaire. Ce dernier a été observé dans 51 % des 49 estomacs, et il s'agissait souvent de la seule espèce de proie observée dans les estomacs entièrement pleins (Laidre et Heide-Jørgensen 2005).

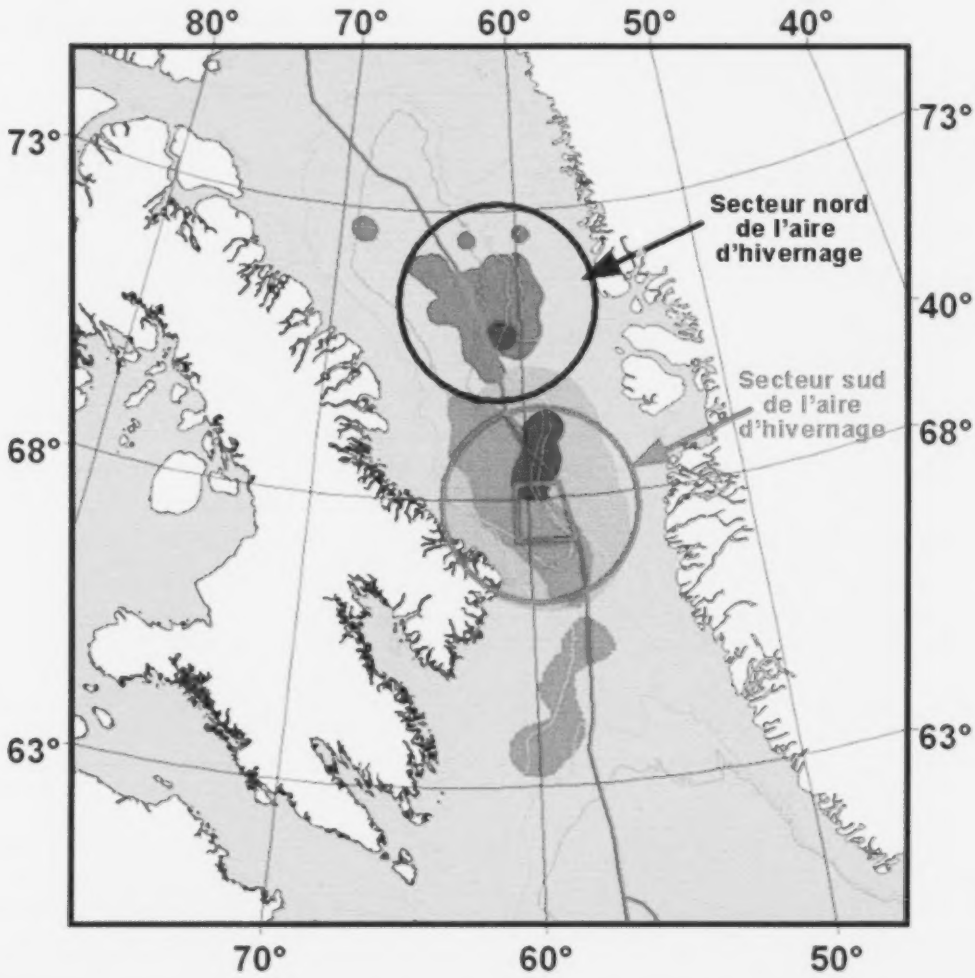


*Figure 3. Aires d'hivernage pour les narvals de la baie de Baffin (figure tirée de Dietz et al. 2008). Les polygones entièrement colorés représentent le noyau estimé du 95e centile de l'aire de répartition des différents stocks estivants : île Somerset (rouge), inlet de l'Amirauté (bleu pâle), détroit d'Eclipse (vert) et baie de Melville (bleu foncé). Les narvals de l'île Somerset se trouvent dans le « secteur nord de l'aire d'hivernage », tandis que les autres stocks cohabitent dans le « secteur sud de l'aire d'hivernage ». Le polygone délimité par un trait rouge épais représente la zone de fermeture de la pêche au flétan noir dans la division 0A de l'OPANO. Les isobathes (500, 1 000 et 2 000 m) sont illustrées.*

Un modèle bioénergétique a été utilisé pour estimer la biomasse de flétan noir nécessaire pour soutenir les stocks pendant les cinq mois qu'ils passent dans leurs aires d'hivernage (Laidre *et al.* 2004a). Les densités moyennes et la répartition des longueurs des flétans noirs à l'intérieur et à l'extérieur des aires d'hivernage des narvals ont été mises en corrélation avec les niveaux prévus de prédation par les baleines selon le comportement de plongée de ces dernières (Laidre *et al.* 2004a). Dans le secteur sud de l'aire d'hivernage, qui compte approximativement 26 000 narvals des stocks de l'inlet de l'Amirauté et du détroit d'Eclipse (Richard *et al.* 2010), si le régime alimentaire des narvals est composé à 50 % de flétan noir, les stocks ont besoin de 468 t de flétan noir par jour, pour une consommation moyenne de plus de 70 000 t sur cinq mois. En comptant le troisième stock de la baie de Melville (au Groenland) (Heide-Jørgensen *et al.* 2010) dans cette aire d'hivernage, l'estimation révisée du nombre moyen est de

32 000 narvals, et la consommation quotidienne moyenne estimée est d'environ 576 t, pour une consommation moyenne de plus de 86 000 t sur cinq mois. Le secteur nord de l'aire d'hivernage soutient un plus grand nombre de baleines (environ 45 000 individus en 1996), et l'on a estimé qu'elles avaient besoin de 700 t de flétan noir par jour, pour une consommation moyenne de 110 700 t sur cinq mois. L'estimation pour le secteur nord est plus élevée que l'abondance du flétan noir estimée lors d'un relevé mené en 2001 (36 416 t; Jørgensen 2003), ce qui laisse entendre que le flétan noir ne joue pas le même rôle dans le régime alimentaire des narvals du secteur nord que de ceux du secteur sud (Laidre *et al.* 2004a). La différence dans le comportement de plongée des animaux entre les deux secteurs appuie également cette conclusion.

On pense que les prédateurs se réunissent à des sites prévisibles en réponse à la grande disponibilité des ressources alimentaires, qui est régie par des processus océanographiques physiques (Laidre *et al.* 2004b). Les interactions trophiques marines sont complexes, et de nombreuses variables importantes sont difficiles à mesurer; par conséquent, les caractéristiques physiques de l'habitat, comme la profondeur ou la température au fond, sont souvent utilisées en tant qu'indicateurs de la répartition des ressources alimentaires. Ce point a été examiné par Laidre *et al.* (2004b), qui ont remarqué que la température au fond du côté ouest de la baie de Baffin dépassait rarement 1 °C, tandis qu'elle était beaucoup plus chaude du côté est, atteignant de 4,0 à 4,5 °C. Laidre *et al.* (2004b) ont aussi observé que la température au fond constituait le plus fiable indicateur des déplacements des narvals en automne et en hiver ainsi que du comportement de plongée de ces animaux. Laidre *et al.* (2004b) rapportent que les narvals à leur aire d'hivernage choisissaient une fourchette et un gradient de température au fond qui, souvent, correspondaient à des zones affichant aussi de fortes densités de flétan noir.

Dietz *et al.* (2008) font un résumé de l'aire d'hivernage des narvals suivis provenant de plusieurs stocks canadiens et groenlandais : île Somerset, inlet de l'Amirauté, détroit d'Eclipse et baie de Melville (figure 3). Les données sur l'aire d'hivernage du narval de l'inlet de l'Amirauté ont été tirées de plus récentes données de suivi (2009) (figures 4 et 5). Les résultats indiquent que l'aire d'hivernage des narvals de l'inlet de l'Amirauté était concentrée à peu près dans la même zone à l'hiver 2009-2010 qu'aux hivers 2003-2004 et 2004-2005, et qu'elle chevauchait les aires d'hivernage d'autres stocks dans le secteur sud de l'aire d'hivernage. Ces résultats appuient aussi l'hypothèse selon laquelle les aires d'hivernage des narvals dans la baie de Baffin sont relativement uniformes, même s'il arrive que des individus s'éloignent de la principale concentration, tout en restant dans l'aire de répartition (Dietz *et al.* 2008).

La zone actuellement fermée à la pêche au flétan noir dans la division 0A de l'OPANO (figures 3 à 5) protège une petite partie du secteur sud de l'aire d'hivernage et chevauche une partie de l'aire de répartition de plusieurs stocks de narvals.

## SOURCES D'INCERTITUDE

Il existe un grand nombre de sources d'incertitude entourant les estimations de la consommation de flétan noir par les narvals. Elles sont fondées sur l'hypothèse raisonnable, mais non vérifiée que le pourcentage de flétan noir dans le régime alimentaire des narvals au sein des aires d'hivernage est similaire au pourcentage de flétan noir observé dans les estomacs de narvals capturés dans la baie de Disko en dehors des aires d'hivernage. De plus, les estimations du nombre de narvals sont des estimations moyennes sans erreur d'estimation. Les calculs ne sont inclus que pour souligner l'importance du flétan noir en ce qui concerne l'écologie hivernale du narval. Il convient de noter que les estimations sont différentes de celles présentées dans MPO (2007) ou dans Laidre *et al.* (2004a; 2004b), car de nouvelles

estimations relatives aux stocks de narvals ont été réalisées depuis la publication de ces documents.

Une autre source d'incertitude est la petite taille de l'échantillon d'animaux suivis par rapport à la taille de la population totale. Même si on a observé une concordance entre les années dans l'aire d'hivernage des animaux suivis, deux individus de l'inlet de l'Amirauté se sont rendus beaucoup plus au sud que leurs congénères. Un plus gros échantillon de narvals suivis, y compris les narvals d'autres stocks estivants, permettrait peut-être d'observer un plus grand nombre d'individus s'éloignant davantage du groupe. Le fait de suivre les narvals sur une plus longue période pourrait aussi donner une plus grande variation entre les années que le révèlent les nouvelles données de suivi et les études de suivi menées antérieurement.

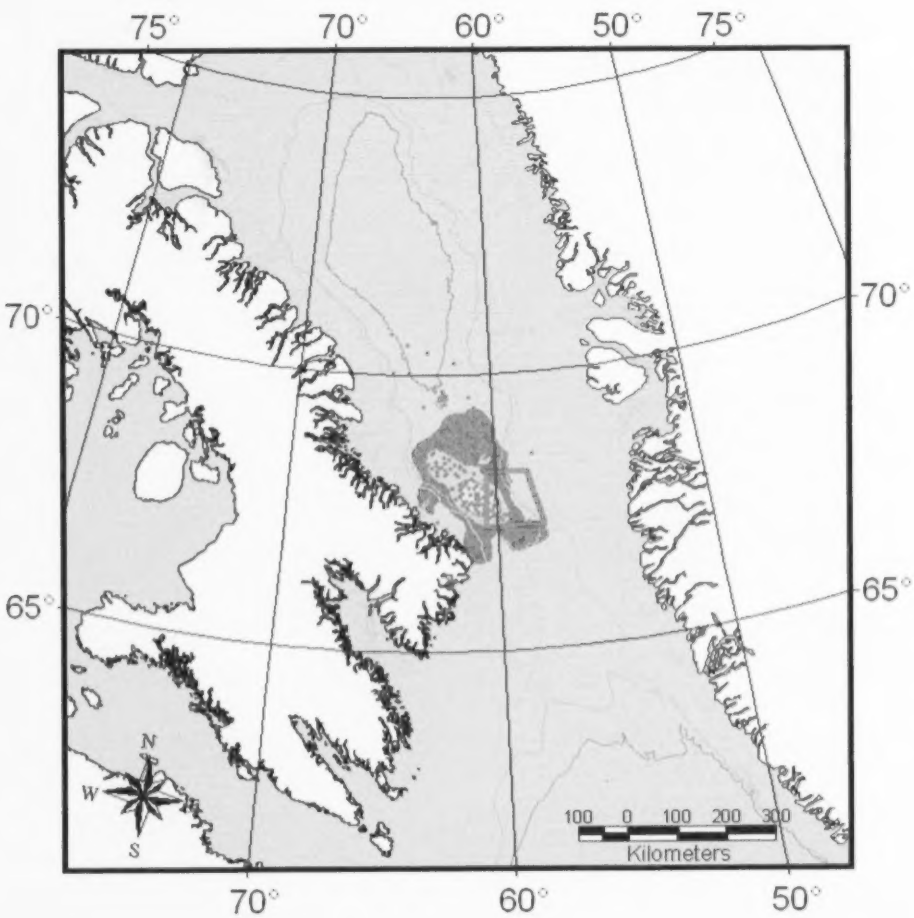


*Figure 4. Aire d'hivernage dans l'inlet de l'Amirauté en 2009-2010. Les polygones entièrement colorés représentent le 95$^{e}$ centile (vert foncé), le 75$^{e}$ centile (vert pâle) et le 50$^{e}$ centile (rose). Les points rouges correspondent aux emplacements utilisés pour estimer le noyau de l'aire de répartition. Le polygone délimité par un trait rouge épais représente la zone de fermeture de la pêche au flétan noir dans la division 0A de l'OPANO. Les isobathes (500, 1 000 et 2 000 m) sont illustrées.*

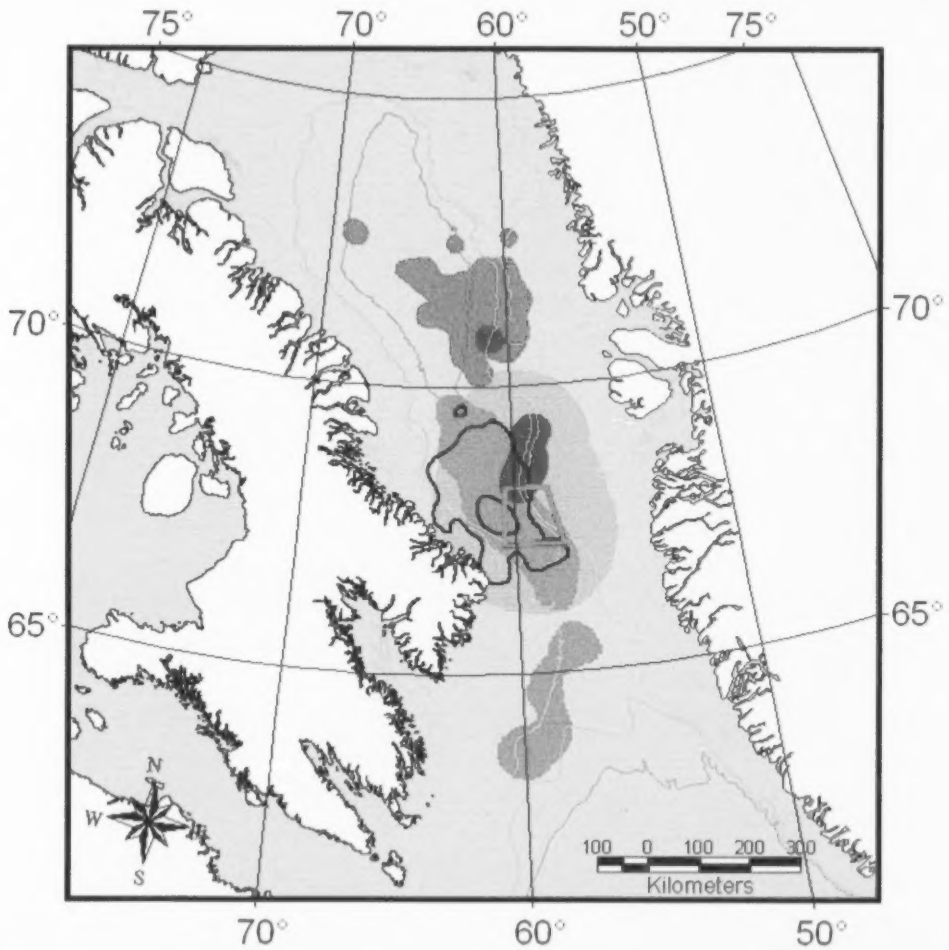


*Figure 5. Aire de répartition dans l'inlet de l'Amirauté en 2009-2010 (polygones délimités par un trait noir) superposés sur les aires d'hivernage, d'après Dietz et al. (2008) (figure 3). Les polygones entièrement colorés représentent le noyau estimé du 95$^{e}$ centile de l'aire de répartition des différents stocks estivants : île Somerset (rouge), inlet de l'Amirauté (bleu pâle), détroit d'Eclipse (vert) et baie de Melville (bleu foncé).La zone délimitée par un trait noir au centre illustre le 50$^{e}$ centile, et la plus grande zone délimitée par un trait noir correspond au 95$^{e}$ centile. Le polygone délimité par un trait rouge épais représente la zone de fermeture de la pêche au flétan noir dans la division 0A de l'OPANO. Les isobathes (500, 1 000 et 2 000 m) sont illustrées.*

## REMERCIEMENTS

Un grand merci à Rune Dietz, qui a accepté de partager les fichiers de formes utilisés dans le présent document de recherche. Nous sommes également reconnaissants envers Mads Peter Heide-Jørgensen et Kristin Laidre, dont les efforts transparaissent dans les fichiers de formes et dont les études sur l'alimentation des narvals en hiver ont permis de réaliser la présente analyse.

## RÉFÉRENCES


MPO. 2007. Développement d'une zone fermée de la division 0A de l'OPANO afin de protéger les aires de répartition du narval en hiver, notamment les coraux des grands fonds. Secr. can. de consult. sci. de MPO. Rép. des Sci. 2007/002.

Dietz, R., Heide-Jørgensen, M.P., Richard, P. et Acquarone, M. 2001. Summer and fall movements of narwhals (*Monodon monoceros*) from northeastern Baffin Island towards Northern Davis Strait. Arctic 54 : 244-261.

Dietz, R., Heide-Jørgensen, M.P., Richard, P., Orr, J. Laidre, K. et Schmidt, H.C. 2008. Movements of narwhals (*Monodon monoceros*) from Admiralty Inlet monitored by satellite telemetry. Polar Biol. 31 : 1295-1306.

Gass, S.E. et Willison, J.H.M. 2005. An assessment of the distribution of deep-sea corals in Atlantic Canada by using both scientific and local forms of knowledge. *In* Cold-water Corals and Ecosystems. Éditeurs : A. Freiwald et J.M. Roberts. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 223-245.

Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Laidre, K.L. et Richard, P. 2002. Autumn movements, home ranges, and winter density of narwhals (*Monodon monoceros*) tagged in Tremblay Sound, Baffin Island. Polar Biol. 25 : 331-341.

Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Laidre, K.L., Richard, P., Orr, J. et Schmidt, H.C. 2003. The migratory behaviour of narwhals (*Monodon monoceros*). Can. J. Zool. 81 : 1298-1305.

Heide-Jørgensen, M.P., Laidre, K.L., Burt, M.L., Borchers, D.L., Marques, T.A., Hansen, R.G., Rasmussen, M. et Fossette, S. 2010. Abundance of narwhals (*Monodon monoceros*) on the hunting grounds in Greenland. J. Mammal. 91 : 1135-1151.

Hooge, P.N. et Eichenlaub, B. 1997. Animal movement extension to arcview. ver. 1.1. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage (AK), États-Unis.

Hooge, P.N., Eichenlaub, W.M. et Solomon, E.K. 1999. Utiliser le SIG pour analyser les déplacements des animaux dans le milieu marin [Consulté le 22 mai 2013]

Jonsen, I.D., Mills Flemming, J. et Myers, R.A. 2005. Robust state-space modeling of animal movement data. Ecology 86 : 2874-2880.

Jonsen, I.D., Myers, R.A. et James, M.C. 2007. Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. Mar. Ecol. Prog. Ser. 337 : 255-264.

Jørgensen, O.A. 2003. Assessment of the Greenland Halibut stock component in NAFO Subarea 0 + Division 1A Offshore + Divisions 1B-1F. Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Research Document 05/51.

Jørgensen, O.A., Hvingel, C., Møller, P.R. et Treble, M.A. 2005. Identification and mapping of bottom fish assemblages in Davis Strait and southern Baffin Bay. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62 : 1833-1852.

Kenchington, E., Lirette, C., Cogswell, A., Archambault, D., Archambault, P., Benoit, H., Bernier, D., Brodie, B., Fuller, S., Gilkinson, K., Lévesque, M., Power, D., Siferd, T., Treble, M. et Wareham, V. 2010. Délimitation des concentrations de corail et d'éponge dans les régions biogéographiques de la côte est du Canada au moyen de l'analyse spatiale. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2010/041. vi + 202 p.

Laidre, K.L. et Heide-Jørgensen, M.P. 2005. Winter feeding intensity of narwhals (*Monodon monoceros*). Mar. Mamm. Sci. 21 : 45-57.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Dietz, R., Hobbs, R.C. et Jørgensen, O.A. 2003. Deep-diving by narwhals *Monodon monoceros*: differences in foraging behaviour between wintering areas? Mar. Ecol. Prog. Ser. 261 : 269-281.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Jørgensen, O.A. et Treble, M.A. 2004a. Deep-ocean predation by a high Arctic cetacean. ICES J. Mar. Sci. 61 : 430-440.

Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., Logdson, M.L., Hobbs, R.C., Heagerty, P., Dietz, R., Jørgensen, O.A. et Treble, M.A. 2004b. Seasonal narwhal habitat associations in the high Arctic. Marine Biol. 145 : 821-831.

Luque, S.P. 2008. Adaptation and application of a computer program to model eastern Beaufort Sea beluga movement through state-space models. Rapport préparé pour Pêches et Océans Canada, Winnipeg (Manitoba). 18 p.

Richard, P.R., Laake, J.L., Hobbs, R.C., Heide-Jørgensen, M.P., Asselin, N.C. et H. Cleator. 2010. Baffin Bay narwhal population distribution and numbers: aerial surveys in the Canadian high arctic, 2002-04. Arctic 63(1) : 85-99.

Worton, B.J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. Ecology 70 : 164-168.

Worton, B.J. 1995. Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. J. Wildl. Manag. 59 : 794-800.